



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

①2 **Offenlegungsschrift**  
①0 **DE 100 24 924 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**H 01 S 5/347**

②1 Aktenzeichen: 100 24 924.8  
②2 Anmeldetag: 19. 5. 2000  
④3 Offenlegungstag: 29. 11. 2001

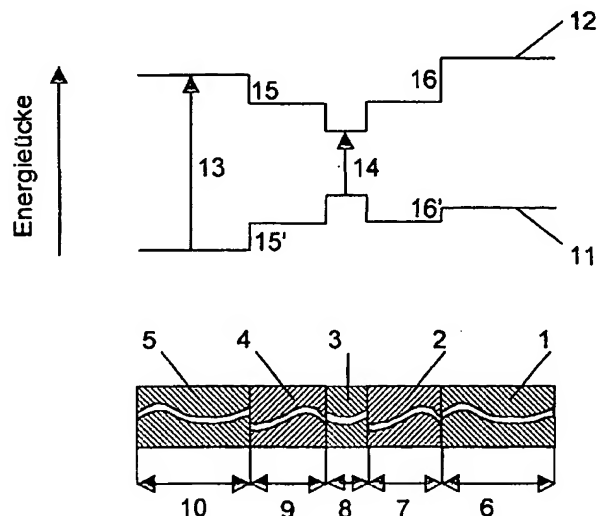
DE 100 24 924 A 1

- ⑦1 Anmelder:  
OSRAM Opto Semiconductors GmbH & Co. oHG,  
93049 Regensburg, DE
- ⑦4 Vertreter:  
Epping, Hermann & Fischer, 80339 München
- ⑦2 Erfinder:  
Faschinger, Wolfgang, Prof.Dr., 97204 Höchberg,  
DE
- ⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:
- US 54 22 902  
WO 94 15 369 A1
- ZENG,L., et.al.: Red-green-blue photopumped  
lasing from ZnCdMgSe/ZnCdSe quantum well laser  
structures grown on InP. In: Applied Physics  
Letters, Vol 72, No.24, 15. June 1998, S.3136-  
S.3138;
- ZENG,L., et.al.: Quality improvements of  $Zn_x$   
 $Cd_{1-x}Mg_{1-y}Se$  layers grown on InP substrates  
by a thin ZnCdSe interfacial layer. In: Applied  
Physics Letters, Vol.72, No.11, 16. March 1998,  
S.1317-1319;

CAVUS,A., et.al.: ZnCdSe/ZnCdMgSe quantum  
wells  
on InP substrates for visible emitters. In: Appl.  
Phys. Lett. 68 (24), 10. June 1996, S.3446-3448;  
FERREIRA,S.O., et.al.: Room temperature blue  
electroluminescence from the ZnMgCdSe  
quaternary  
system. In: Journal of Crystal Growth 159, 1996,  
S.640-643;  
NANIWAE,Koichi, et.al.: MBE growth of ZnCdSe  
and  
MgZnCdSe alloys on InP substrates with a GaInAs  
buffer-layer. In: Journal of Crystal Growth 159,  
1996, S.36-40;  
NOMURA,Ichirou, et.al.: Novel ZnCdSe/MgZnCdSe  
compound system grown on InP substrates by MBE  
and theoretical investigation of 550-640 nm  
range ZnCdSe/MgZnCdSe lasers. In: Journal of  
Crystal Growth 159, 1996, S.11-15;  
HUANG,W., JAIN,F.C.: Optical gain due to excitonic  
transitions in ZnCdSe/ZnMgSse strained layer  
quantum well blue-green lasers: Prediction of  
low threshold under tensile strain. In: Appl.  
Phys. Lett.66 (13), 27. March 1995, S.1596-1598;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

- ⑤4 Licht emittierendes Halbleiterbauelement
- ⑤7 Licht emittierendes Halbleiterbauelement mit einer An-  
zahl von Schichten, die überwiegend aus Elementen der  
Gruppe II und VI des Periodensystems bestehen, auf ei-  
nem Substrat, vorzugsweise aus InP, epitaktisch aufge-  
bracht sind und eine p-dotierende Deckschicht und eine  
n-dotierte Deckschicht aufweisen, deren Gitterkonstanten  
der des Substrats entsprechen, und eine zwischen diesen  
beiden Schichten liegende undotierte aktive Schicht en-  
thalten, welche in Zusammenarbeit mit ihren Nachbar-  
schichten eine Quantentrog-Struktur bildet, wobei die  
Gitterkonstante der aktiven Schicht kleiner als die der  
Nachbarschichten ausgebildet ist.



DE 100 24 924 A 1

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Licht emittierendes Halbleiterbauelement mit einer Anzahl von Schichten, die überwiegend aus Elementen der Gruppe II und VI des Periodensystems bestehen. Die Schichten sind auf einem Substrat, vorzugsweise aus InP, epitaktisch aufgebracht und weisen eine p-dotierte Deckschicht und eine n-dotierte Deckschicht auf, deren Gitterkonstanten der des Substrats entsprechen. Zwischen beiden Schichten liegt eine undotierte aktive Schicht, die in Zusammenarbeit mit ihren Nachbarschichten eine Quantentrog-Struktur bildet.

[0002] Halbleiterbauelemente mit Quantentrog-Struktur werden in weiten Bereichen der Technik eingesetzt. Sie finden Anwendung als Leuchtdiode, beispielsweise zur Signalisierung von verschiedenen Betriebszuständen, oder als Laserdioden, z. B. bei der optischen Aufzeichnung oder Wiedergabe von Bild und Ton auf Trägermaterial, Laserdruckern, medizinischen Lasergeräten oder der Materialbearbeitung. Laserdioden dieses Typs zeichnen sich durch einen niedrigen Schwellenstrom, hohe Ausgangsleistung und niedrige Strahldivergenz aus. Diese Eigenschaften führten dazu, daß Licht emittierende Halbleiterbauelemente mit einer Quantentrog-Struktur eine bevorzugte Stellung bei Anwendung und Entwicklung einnehmen.

[0003] Technisch einsetzbare Halbleiterbauelemente mit Quantentrog verwenden Elemente aus der Gruppe III und V des Periodensystems. Sie basieren auf den Werkstoffen Galliumarsenid (GaAs), Galliumaluminiumarsenid (GaAlAs) und Galliumnitrid (GaN). Das durch diese Bauelemente erzeugte Licht liegt in den Spektralbereichen infrarot, gelb und violett.

[0004] Durch die Entwicklung von Verfahren zur p-Dotierung von Zinkselenid (ZnSe) mit Hilfe von Stickstoff-Plasma haben Halbleiterbauelemente, deren Schichten überwiegend aus Elementen der Gruppe II und VI des Periodensystems aufgebaut sind, großes Interesse in Forschung und Entwicklung gewonnen, da sie den bisher fehlenden Spektralbereich von grün bis blau abdecken würden. Dieser Spektralbereich ist auch deshalb interessant, weil Licht dieser Wellenlängen den Vorteil einer hoher Auflösung bietet, die – aufgrund der durch Beugung bedingten Auflösungsgrenze – umso größer ausfällt, je kürzer die Wellenlänge ist.

[0005] Bekannte Lösungen für Laserdioden, die aus Elementen der Gruppe II und VI des Periodensystems aufgebaut sind, enthalten in der Regel ZnSe in der p-dotierten Schicht. Ein Vorschlag für einen im grünen Spektralbereich arbeitendes Halbleiterbauelement dieses Typs weist beispielsweise folgende Schichten auf:

n-dotierte Deckschicht	n-ZnMgSse	dotiert mit Cl
Wellenleiterschicht	ZnSse	
aktive Schicht	ZnCdSe	undotiert
Wellenleiterschicht	ZnSse	
p-dotierte Deckschicht	p-ZnMgSse	dotiert mit N

[0006] Die Schichten sind auf einem Substrat aus GaAs aufgebracht. Ihre Gitterkonstanten entsprechen der des Substrats mit Ausnahme der aktiven Schicht, die eine Gitterkonstante größer als die des Substrats aufweist. Halbleiterbauelemente dieser Bauart zeigen jedoch einen gravierenden Nachteil. Unter technischen Betriebsbedingungen bilden sich nach kurzer Zeit "Dunkellinien-Defekte". Hierunter versteht man die Ausbildung von Licht absorbierenden Bereichen in der aktiven Schicht und den angrenzenden Schichten. Ihr Entstehen führt zu einem drastischen Leistungsabfall des Halbleiterbauelements. Die Einsatzdauer von Bauelemente dieser Art ist daher auf kurze Zeitspannen eingeschränkt.

[0007] Ein Vorschlag entsprechend Applied. Physics. Letters, Vol 68, June 1996 verwendet InP als Substrat und folgenden Schichtenaufbau:

n-dotierte Deckschicht	n-ZnMgCdSe	dotiert mit Cl
Wellenleiterschicht	ZnMgCdSe	
aktive Schicht	ZnCdSe	undotiert
Wellenleiterschicht	ZnMgCdSe	
p-dotierte Deckschicht	p-ZnMgCdSe	dotiert mit N,

wobei die Gitterkonstante der aktiven Schicht gleich der der Nachbarschichten und der des Substrats entspricht. Als Nachteil dieses Aufbaus gegenüber dem erstgenannten hat sich gezeigt, daß die Dotierung mit Stickstoff bei dieser Zusammensetzung der p-dotierten Schicht nur zu geringen Akzeptor-Konzentrationen führt, so dass bisher keine Elektrolumineszenz demonstriert werden konnte.

[0008] Die Erfindung hat sich zur Aufgabe gestellt, diesen Nachteilen abzuweichen und dem Bedarf nach einem Licht emittierenden Halbleiterbauelement zu entsprechen, das Licht im Spektralbereich grün bis blau zur Verfügung stellt und gleichzeitig eine hohe Lebensdauer aufweist.

[0009] Ausgehend von einem Lichtemittierenden Halbleiterbauelement, das aus einer Anzahl von Schichten aufgebaut ist, die überwiegend aus Elementen der Gruppe II und VI des Periodensystems bestehen, und eine p-dotierte Deckschicht und eine n-dotierte Deckschicht aufweisen, deren jeweilige Gitterkonstante der des Substrats entspricht, und eine zwischen beiden Schichten liegende undotierte aktive Schicht enthalten, welche in Zusammenarbeit mit ihren Nachbarschichten eine Quantentrog-Struktur bildet, wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß die Gitterkonstante der aktiven Schicht kleiner als die der Nachbarschichten ausgebildet ist.

[0010] Infolge der unterschiedlichen Gitterkonstanten zwischen aktiver Schicht und deren Nachbarschichten entsteht innerhalb der aktiven Schicht eine Zugspannung. Diese Zugspannung führt zu einer erheblichen Vergrößerung der Lebensdauer des Halbleiterbauelementes. Unter technischen Betriebsbedingungen werden Lebensdauern erreicht, die gegenüber dem Stand der Technik mit vergleichbarer Dichte makroskopischer Defekte um wenigstens 3 Größenordnungen höher liegen.

[0011] Die erzielte Leistungssteigerung bei Halbleiterbauelementen entsprechend der vorliegenden Erfindung beruht auf der Erkenntnis, daß der drastische Leistungsabfall bei bekannten Halbleiterbauelementen aus Elementen der Gruppe II und VI des Periodensystems prinzipielle Ursachen thermodynamischer Natur hat. Diese Zusammenhänge erkannt zu haben, ist ein Verdienst vorliegender Erfindung. Anhand des o. g. Schichtenaufbaus von bekannten Halbleiterbauelementen sollen die Ursachen kurz dargelegt werden.

[0012] Die p-Dotierung von ZnSe mittels Stickstoff führt zu einem instabilen Stickstoffakzeptor. Er zerfällt in einen stabilen Komplex  $(N_i - V_{se})^{3+}$ , bestehend aus einem Zwischengitter-Stickstoffatom  $N_i$  und einer Selenleerstelle  $V_{se}$ . Dieser Komplex ist positiv geladen und diffundiert insbesondere bei Betrieb des Halbleiterbauelementes in den Quantentrog-Bereich der aktiven Zone. Dort werden diese Komplexe eingefangen, angesammelt und führen bei höherer Konzentration schließlich zu den Dunkellinien-Defekten.

[0013] Der Einfangvorgang wird durch die mechanische Spannung zwischen der aktiven Schicht und den Nachbarschichten gesteuert. Da das ZnCdSe der aktiven Schicht eine größere Gitterkonstante als das ZnSe der Nachbarschicht hat, weist die aktive Schicht eine Druckverspannung gegenüber ihren beiden Nachbarschichten aus. Die Druckverspannung in der aktiven Zone bekannter Laserdioden, die aus Elementen der Gruppe II und VI des Periodensystems aufgebaut sind, begünstigt jedoch das Einfangen von Leerstellen, da dieser Vorgang zu einer Verringerung der Gitterkonstanten und damit zu einer Abnahme der durch Spannung bedingten Energie führt. Nach den Gesetzen der Thermodynamik ist dieser Zustand, der energetisch kleiner ist als der vor dem Einfangvorgang, der stabilere Zustand von beiden.

[0014] Der Einfangvorgang läßt sich daher verhindern, wenn man aktive Schicht und Nachbarschichten so ausbildet, daß eine Zugspannung zwischen ihnen herrscht. In diesem Fall bewirkt die Spannung ein Zurückdrängen von Leerstellen, wodurch die Ausbildung von Dunkellinien-Defekten vermieden wird.

[0015] Eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementes, weist folgenden Schichtenaufbau auf:

Schicht	Zusammen- setzung	Dotierung	Gitterkon- stante
p-dotierte Deckschicht	p-ZnMgTeSe.	dotiert mit N	$\cong \text{InP}$
aktive Schicht	ZnCdSe	undotiert	$< \text{InP}$
n-dotierte Deckschicht	n-ZnMgCdSe	dotiert mit Cl,	$\cong \text{InP}$
Substrat	InP		$= \text{InP}$

[0016] Die einzelnen Schichten des Halbleiterbauelementes sind auf einem Substrat aus InP aufgebracht und weisen eine p-dotierte Deckschicht, eine n-dotierte Deckschicht und eine dazwischen liegende undotierte aktive Schicht auf. Als Verfahren zum Aufbringen der Schichten wird MBE (molecular beam epitaxy) angewandt. Klarzustellen ist, dass die Dotierung der p-Schicht mit Stickstoffplasma, die der n-Schicht mit Zinkchlorid durchgeführt werden kann, jedoch nicht zwingend durchgeführt werden muß.

[0017] Aus der Übersicht lassen sich auch die Elemente – überwiegend Elemente der Gruppe II und VI des Periodensystems – entnehmen, aus denen die einzelnen Schichten aufgebaut sind.

[0018] Diese Auswahl der Elemente stellt sicher, daß zwischen aktiver Schicht und Nachbarschichten eine Zugspannung vorherrscht, da die Gitterkonstante von ZnCdSe kleiner ist als die von ZnMgTeSe bzw. ZnMgCdSe.

[0019] In Abweichung zum Stand der Technik weisen die p- und n-dotierte Deckschicht unterschiedliche chemische Zusammensetzungen auf. Neben den in beiden Schichten gemeinsam vertretenen Elementen ZnMgSe weist die n-dotierte Schicht Cd, die n-dotierte Schicht dagegen stattdessen Te auf.

[0020] Dem Te in der p-dotierten Schicht kommt dabei nicht nur die Rolle zu, die Gitterkonstanten von aktiver Schicht und Nachbarschichten auf eine definierte Differenz einzustellen und damit Leerstellen von der aktiven Schicht fernzuhalten, sondern auch die Bildung von Leerstellen aktiv zu verhindern.

[0021] Rechnungen und Experimente haben nämlich gezeigt, daß bei Halbleiterbauelementen, deren p- und n-dotierte Schichten ZnSe enthalten, durch Einbringen von beispielsweise Te in die p-dotierte Schicht bei der p-Dotierung mittels Stickstoff der  $(N_i - V_{se})^{3+}$ -Komplex nicht stabil ist und sich deshalb nicht bildet. Aufgrund dieser Instabilität hat dieser Komplex daher keine Chance, in die aktive Schicht zu diffundieren und Dunkellinien-Defekte zu erzeugen.

[0022] Durch Einbringen von Te in die p-dotierte Schicht wird daher die Bildung der o. g. stabilen Komplexe anteilig reduziert, die Ausbildung von Dunkellinien-Defekten während des Betriebes des Halbleiterbauelementes wird dadurch weiter vermindert. Den optimalen Effekt erreicht man durch die größt mögliche Konzentration von Te in der p-dotierten Schicht, d. h. dann, wenn ein Element der n-dotierten Schicht in der p-dotierten Schicht vollkommen durch Te ausgetauscht wird.

[0023] Varianten dieser Ausbildungsform sind so ausgebildet, daß ihre p-dotierte Schicht das Element Be und/oder Cd enthalten. Durch Einbringen dieser Elemente in die p-dotierte Schicht werden ähnliche Effekte wie durch Einbringen von

Te erreicht.

[0024] In Kenntnis dieses Sachverhaltes sind weitere bevorzugte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementes so ausgebildet, daß die p-dotierte Schicht durch Übergitter, vorzugsweise der Kombinationen

ZnMgSe/ZnTe

5 ZnMgSe/ZnMgTe

MgSe/ZnTe

gebildet wird.

[0025] Das erfindungsgemäße Halbleiterbauelement läßt sich als spontan emittierende Leuchtdiode oder induziert emittierende Laserdiode ausbilden. Der oben beschriebene Aufbau aus p-dotierter Schicht, aktiver Schicht und n-dotierter Schicht ist für eine Leuchtdiode kennzeichnend. Bei Ausbildung des Halbleiterbauelementes als Laserdiode sind zusätzliche Schichten erforderlich, die sich der nachfolgenden Übersicht entnehmen lassen.

Schicht	Zusammen- Setzung	Dotierung in nm	Schichtdicke	Gitter- konstante
15 p-dotierte Deckschicht	p-ZnMgTeSe.	dotiert mit N	1000	$\cong$ InP
Wellenleiterschicht	ZnMgCdSe	undotiert	200	$\cong$ InP
20 aktive Schicht	ZnCdSe		2	< InP
Wellenleiterschicht	ZnMgCdSe		200	$\cong$ InP
n-dotierte Deckschicht	n-ZnMgCdSe	dotiert mit Cl,	1000	$\cong$ InP
25 Pufferschicht	n-ZnCdSe		20	$\cong$ InP
Pufferschicht	n-GaInAs		50	$\cong$ InP
Substrat	InP			$\cong$ InP

[0026] Der Schichtaufbau weist zusätzlich zur p-dotierten Deckschicht, der ndotierten Deckschicht und der dazwischen liegenden undotierten aktiven Schicht, zwei Wellenleiterschichten auf, welche die aktive Schicht einschließen, wobei deren Energielücke kleiner ist als die der Deckschicht und zwei Pufferschichten zwischen Substrat und p-dotierter Schicht. Die Wellenleiterschichten haben die Aufgabe, senkrecht zur Schichtebene für das in der aktiven Schicht erzeugte Licht Totalreflexion zu bewirken und damit den Austritt des Lichtes in diesen Richtungen zu verhindern. Die Pufferschichten hingegen haben die Aufgabe, elektrische oder kristallographische Probleme beim Übergang zwischen den verschiedenen Werkstoffen abzufangen.

[0027] Für den Laserbetrieb ist weiterhin erforderlich, daß die Stirnflächen der aktiven Schicht und ihrer benachbarten Schichten eine hohe optische Güte aufweisen. Der Diodenkörper bildet hierdurch einen optischen Resonator, in dem beim Anlegen eines Stroms, dessen Stärke die Schwellstromstärke überschreitet, Laserlicht erzeugt wird.

[0028] Aufbau und quantitative Zusammensetzung der aktiven Schicht haben wesentlichen Einfluß auf die Eigenschaften des emittierten Lichtes. Das Halbleiterbauelement gemäß der Erfindung läßt sich so ausbilden, daß verschiedene Ausbildungsformen jeweils Licht mit von einander verschiedenen Eigenschaften erzeugen.

[0029] Von besonderem Interesse ist die Frequenz bzw. Wellenlänge des emittierten Lichtes. Sie wird bestimmt durch die Energielücke zwischen Valenz- und Leitungsband (bzw. zwischen deren Subniveaus) der Quantentrogstruktur in der aktiven Schicht.

[0030] Bei Halbleiterbauelementen mit Quantentrog-Struktur läßt sich in gewissen Grenzen die Frequenz durch das Mischungsverhältnis der einzelnen Elemente der aktiven Schicht zu einander vorgeben. Durch das Mischungsverhältnis wird die Gitterkonstante festgelegt und hierdurch die Frequenz des emittierten Lichtes bestimmt.

50 [0031] Bei einer bevorzugten Ausführungsform des Halbleiterbauelementes ist die quantitative Zusammensetzung der einzelnen Schichten aus den genannten Elementen durch die folgenden Formeln gegeben. Es genügen Schichten mit den Elementen

ZnMgCdSe der Formel:  $Zn_{(1-x-y)}Mg_xCd_ySe$  mit  $0,4 \leq x \leq 0,6$  und  $0,15 \leq y \leq 0,3$ ,

ZnMgSeTe der Formel:  $Zn_{(1-x-y)}Mg_xSe_{(1-y)}Te_y$  mit  $0,4 \leq x \leq 0,6$  und  $0,15 \leq y \leq 0,3$ ,

55 ZnCdSe der Formel:  $Zn_{(1-x)}Cd_xSe$  mit  $0 \leq x \leq 0,5$ .

[0032] Entsprechend der vorgegebenen Formel kann der Zn- und Cd-Anteil der aktiven Schicht in weiten Grenzen variiert und damit Licht unterschiedlicher Wellenlängen erzeugt werden.

[0033] Eine Variante der vorliegenden Ausführungsform ist so ausgebildet, daß die aktive Schicht einen hohen Anteil von Cd und dementsprechend einen niedrigen Anteil von Zn aufweist. Das von dieser Variante emittierte Licht liegt im grünen Spektralbereich. Bei einer weiteren Variante dagegen ist ein niedriger Anteil von Cd bzw. ein hoher Anteil von Zn in der aktiven Schicht vorgegeben. Diese Variante emittiert Licht im blauen Spektralbereich.

[0034] Als wesentlicher Vorteil des Halbleiterbauelementes gemäß der Erfindung ist anzusehen, daß durch Vorgabe entsprechender Mischungsverhältnisse bei der Herstellung die Wellenlänge des emittierten Lichtes auf beliebige Werte zwischen blau und grün eingestellt werden kann.

65 [0035] Die Intensität der vom Halbleiterbauelement erzeugten Strahlung wird durch die Stromstärke des angelegten Stromes bestimmt. Mit steigender Stromstärke nimmt die Intensität der Strahlung zu.

[0036] Aber auch durch konstruktive Vorgaben läßt sich die Intensität der von dem Halbleiterbauelement emittierten Strahlung variieren. Diese konstruktiven Vorgaben betreffen die Zahl der in der aktiven Schicht vorhandenen Quanten-

tröge. Bei einer Variante des erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementes ist dementsprechend in der aktiven Schicht eine Struktur mit Mehrfach-Quantentrögen ausgebildet. Durch diese Struktur wird bei gleicher Stromstärke des von außen angelegten Stromes die Intensität des emittierten Lichtes erhöht.

[0037] Bei dem betrachteten Halbleiterbauelement sind neben den das eigentliche Halbleiterbauelement bildenden Schichten noch weitere Pufferschichten vorgesehen. Aufgabe dieser Schichten ist es, elektrische oder kristallographische Probleme beim Übergang zwischen den verschiedenen Werkstoffen abzufangen.

[0038] Eine Weiterbildung dieser Art weist zwischen Substrat und n-dotierter Deckschicht 2 weitere Schichten aus, welche durch n-GaInAs und n-ZnCdSe gebildet werden.

[0039] Probleme beim Übergang zwischen den verschiedenen Werkstoffen können auch dadurch abgefangen werden, daß sich innerhalb einer Schicht der Anteil eines oder mehrerer Elemente über die Schichtdicke kontinuierlich ändert.

[0040] Ein derartiger Aufbau wird bei der Stromzufuhr einer vorteilhaften Variante des Halbleiterbauelementes gemäß vorliegender Erfindung angewandt. Die Zufuhr des elektrischen Stroms bei geschichteten Halbleiterbauelementen erfolgt i. d. R. quer zu den Schichten. Als Kontaktmaterial wird überwiegend Gold verwendet. Bringt man auf einer ZnSe enthaltenden, p-dotierten Schicht eine Goldschicht direkt auf, resultiert ein Kontakt mit relativ hohen Widerstand. Kontakte mit geringerem Widerstand und zudem nahezu linearem, d. h. ohmschen Strom-/Spannungsverlauf erhält man auf Schichten, welche ZnTe enthalten.

[0041] Bei der angesprochenen Variante ist daher auf der p-dotierten Schicht an der der aktiven Schicht abgewandten Seite eine weitere Schicht aufgebracht, innerhalb derer sich der Anteil von Se kontinuierlich verringert, der von Te dagegen kontinuierlich erhöht. Auf der Schichtoberfläche mit dem hohen Te-Anteil ist der Kontakt für die Stromzufuhr angebracht.

[0042] Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung sind dem nachfolgenden Beschreibungsteil zu entnehmen. In diesem Teil wird ein Ausführungsbeispiel des Licht emittierenden Halbleiterbauelementes als Laserdiode beschrieben und anhand von Zeichnungen näher erläutert.

[0043] Die Zeichnungen zeigen:

[0044] Fig. 1 Energieniveau-Schema des erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementes

[0045] Fig. 2 Lebenszeit-Messungen

[0046] Fig. 1 zeigt den Verlauf dieser Energielücke in den einzelnen Schichten des Halbleiterbauelementes. Im unteren Teil der Zeichnung sind die einzelnen Schichten des Halbleiterbauelementes angedeutet. Sie umfassen eine

p-dotierte Deckschicht 1 aus p-ZnMgTeSe der Dicke 6

Wellenleiterschicht 2 aus ZnMgCdSe der Dicke 7

aktive Schicht 3 aus ZnCdSe der Dicke 8

Wellenleiterschicht 4 aus ZnMgCdSe der Dicke 9

n-dotierte Deckschicht 4 aus n-ZnMgCdSe der Dicke 10.

[0047] Im oberen Teil der Zeichnung ist die Valenzbandkante 11 und die Leitungsbandkante 12 innerhalb der einzelnen Schichten wiedergegeben. Die Energielücke zwischen diesen beiden Kanten wird durch den Abstand 13 zwischen beiden Kurven wiedergegeben. 14 kennzeichnet die Energielücke innerhalb der aktiven Schicht. Die Größe dieser Lücke ist ein Maß für die Frequenz der in der aktiven Schicht erzeugten Lichtstrahlung.

[0048] Wesentliches Merkmal der vorliegenden Erfindung ist die unsymmetrische Ausprägung des Verlaufs der beiden Bandkanten über die einzelnen Schichten. Diese Asymmetrie wird ersichtlich an den ungleichen Stufenhöhen 15 und 16 bzw. 15' und 16'. Ursache für diese Unsymmetrie ist der unsymmetrische, d. h. aus verschiedenen Elementen bestehende, Aufbau der p- und n-dotierten Schicht.

[0049] Halbleiterbauelemente entsprechend der vorliegenden Erfindung zeigen eine hohe Lebensdauer. Meßkurven hierzu sind in Fig. 2 wiedergegeben. Die erste Kurve 20 zeigt in Abhängigkeit der Zeit den Verlauf der Intensität der emittierten Strahlung bei einem Halbleiterbauelement nach dem Stand der Technik, das auf GaAs aufgebaut ist und dessen p-dotierte Schicht die Elemente ZnMgSSe enthält. Die zweite Kurve 21 gibt den entsprechenden Verlauf für ein Halbleiterbauelement entsprechend der Erfindung wieder, aufgebaut auf InP mit einer p-dotierten Schicht aus ZnMgTeSe. Randbedingungen für diese Messung sind:

Raumtemperatur, Dauerstrichbetrieb (d. h. kontinuierlich emittierendes Halbleiterelement), Stromdichte 50 A/cm<sup>2</sup>. Man erkennt an beiden Meßkurven unschwer, daß sich die Lebensdauer des erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementes um Größenordnungen von der des Halbleiterbauelementes nach dem Stand der Technik unterscheidet.

#### Patentansprüche

1. Licht emittierendes Halbleiterbauelement mit einer Anzahl von Schichten, die überwiegend aus Elementen der Gruppe II und VI des Periodensystems bestehen, auf einem Substrat, vorzugsweise aus InP, epitaktisch aufgebracht sind und eine p-dotierte Deckschicht und eine n-dotierte Deckschicht aufweisen, deren Gitterkonstanten der des Substrats entsprechen, und eine zwischen diesen beiden Schichten liegende undotierte aktive Schicht enthalten, welche in Zusammenwirkung mit ihren Nachbarschichten eine Quantentrog-Struktur bildet, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Gitterkonstante der aktiven Schicht kleiner als die der Nachbarschichten ausgebildet ist.

2. Licht emittierendes Halbleiterbauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß

die p-dotierte Schicht aus den Elementen ZnMgSeTe,

und/oder die n-dotierte Schicht aus den Elementen ZnMgCdSe

und/oder die dazwischenliegende aktive Schicht aus den Elementen ZnCdSe gebildet wird.

3. Licht emittierendes Halbleiterbauelement nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die p-dotierte Schicht Beimengungen von Be und/oder Cd enthält.

4. Licht emittierendes Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die p-dotierte Schicht durch Übergitter, insbesondere der Kombinationen ZnMgSe/ZnTe

ZnMgSe/ZnMgTe

MgSe/ZnTe

gebildet wird.

- 5 5. Licht emittierendes Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 2-4, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen n-dotierter Schicht und aktiver Schicht und/oder zwischen p-dotierter Schicht und aktiver Schicht je eine weitere aus den ZnMgCdSe-Verbindungen zusammengesetzte Schicht jedoch mit kleinerer Energielücke als die Deckschicht vorgesehen ist und das Halbleiterbauelement im Laserbetrieb betrieben wird.
- 10 6. Licht emittierendes Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 2-5, dadurch gekennzeichnet, daß die quantitative Zusammensetzung der die Elemente ZnMgCdSe enthaltenden Schichten der Formel  $Zn_{(1-x-y)}Mg_xCd_ySe$  genügt, mit  $0,4 \leq x \leq 0,6$  und  $0,15 \leq y \leq 0,3$  der die Elemente ZnMgSeTe enthaltenden Schichten der Formel  $Zn_{(1-x-y)}Mg_xSe_{(1-y)}Te_y$ , mit  $0,4 \leq x \leq 0,6$  und  $0,15 \leq y \leq 0,3$ , der die Elemente ZnCdSe enthaltenden Schichten der Formel  $Zn_{(1-x)}Cd_xSe$ , mit  $0 \leq x \leq 0,5$ .
- 15 7. Licht emittierendes Halbleiterbauelement nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Zusammensetzung in der aktiven Schicht entweder einen hohen Anteil von Cd und einen niedrigen Anteil von Zn oder umgekehrt einen niedrigen Anteil von Cd und einen hohen Anteil von Zn aufweist.
- 20 8. Licht emittierendes Halbleiterbauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in der aktiven Schicht eine Struktur mit Mehrfach-Quantentrögen ausgebildet ist.
9. Licht emittierendes Halbleiterbauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß zwischen n-dotierter Schicht und Substrat zwei weitere Schichten aus n-dotiertem ZnCdSe und n-dotiertem GaInAs vorgesehen sind.
10. Licht emittierendes Halbleiterbauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sich innerhalb einer Schicht der Anteil eines oder mehrerer Elemente über die Schichtdicke kontinuierlich ändert.
- 25 11. Licht emittierendes Halbleiterbauelement nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß in einer auf der p-dotierten Deckschicht aufgetragenen weiteren Schicht sich der Anteil von Se über die Schichtdicke kontinuierlich vermindert, der von Te dagegen kontinuierlich erhöht.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

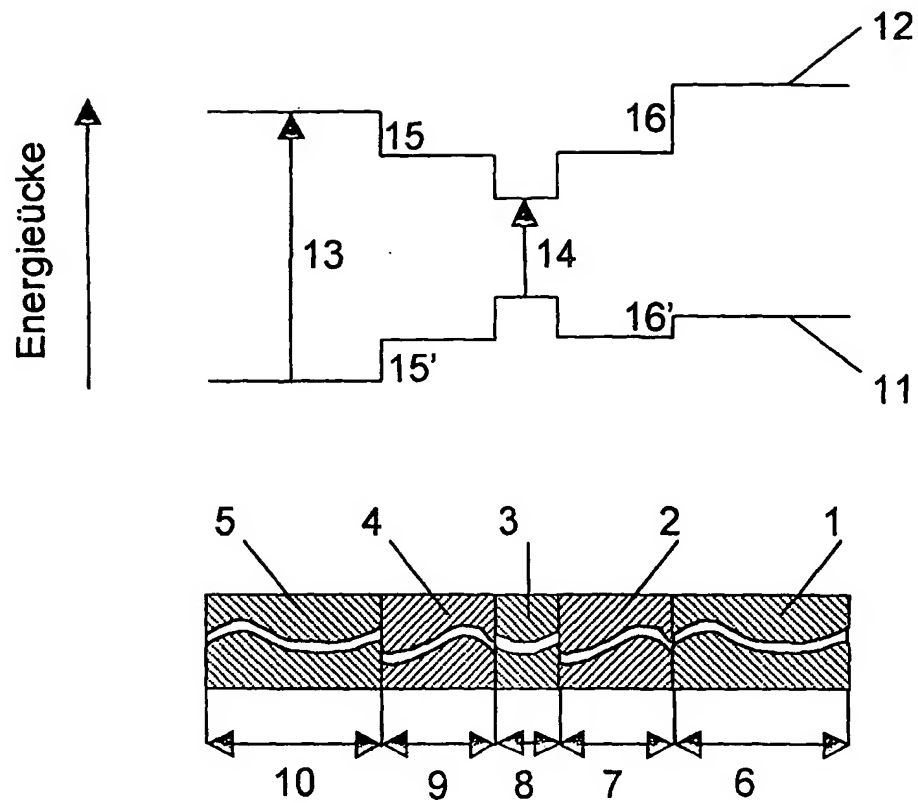


Fig. 1

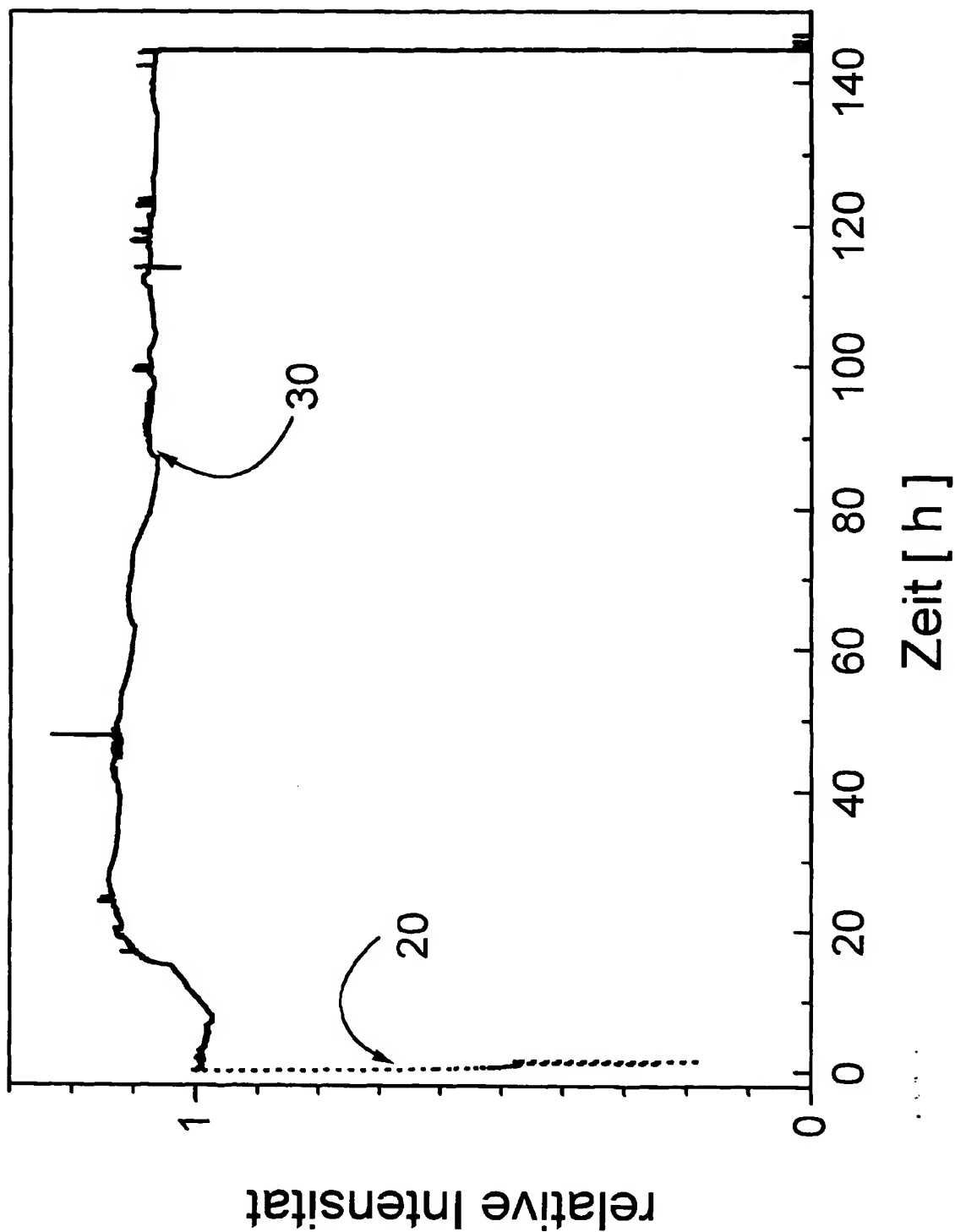


Fig. 2